引用格式：姜涵，方伟创. 如何改进应用技术系统. 中国科学院院刊, 2023, 38(11): 1635-1644, doi: 10.16418/j.issn.1000-3045.20231026001.
Jiang H, Fang W C. How to improve application technology system?. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2023, 38(11): 1635-1644, doi: 10.16418/j.issn.1000-3045.20231026001. (in Chinese)

如何改进应用技术系统

姜 涵* 方伟创

广州粤港澳大湾区研究院 广州 510700

摘要 突破“中等技术陷阱”的条件之一是需要有一些企业或机构能够把基础研究转化成应用技术，这离不开应用技术系统的支持。实践证明，完善的应用技术系统有利于提升国家科技实力。文章认为，我国的科技创新具有明显的应用导向，但在整个应用技术系统方面还存在一些不足，突出表现在传统体制机制的束缚依然存在，计划与市场并存的矛盾还没有彻底解决；研究和应用“两张皮”，科技成果转化不力，科技中介服务滞后；核心技术的对外依赖较强，标准制定权掌握在别人手中；区域劳动分工不足；人才的引进、培养和评价等体制机制仍需完善。据此，文章提出未来应重点改进的工作内容。

关键词 中等技术陷阱，应用技术，应用技术系统，科技创新

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.20231026001

CSTR 32128.14.CASbulletin.20231026001

一个国家要突破“中等技术陷阱”[1]，条件之一是需要有一些企业或机构能够把基础研究转化成应用技术。但是，从基础研究到应用技术并不是简单的线性关系，中间需要无数个过程，也需要有其他要素的加入。如果用系统的眼光看，就构成一个应用技术系统。回溯英美的科技实力角逐历史，美国之所以“后来居上”，并长期保持全球领先，原因之一在于可以很好地实现基础研究和应用技术的有效互动，而这与其完善的应用技术系统是分不开的。我国在应用技术方面取得了不少举世瞩目的成绩，但整个应用技术系统的建设和运行还存在一些不足，这在一定程度上制约了我国科技创新的发展。如何更好地改进应用技术系统，成为引领我国跨越“中等技术陷阱”的关键之一。基于此，文章分析了我国在应用技术系统方面存

*通信作者

资助项目：国家自然科学基金青年项目（72102053），广州市哲学社会科学规划2021年度课题（2021GZYB25），中共深圳市委宣传部“中国特色社会主义政治经济学原理构建”课题

修改稿收到日期：2023年11月2日

在的不足，并指出改进应用技术系统的对策建议。

1 应用技术系统支撑了基础科研转化成应用技术

应用技术系统是指一套能够将基础研究转化为应用技术的生态体系，这个系统包括了从基础研究到技术开发、再到商业化应用的整个过程，以及在过程中所需的各种技术、人力、物力、财力、组织等资源。换言之，应用技术系统不仅包括了基础研究及其应用转化，还包括了各种支撑体系，由此构成了多环节、多链条、多层次的复杂交互作用系统。

一般而言，一项技术要想顺利完成从研发到产品上市的完整阶段，需要应用技术系统的支持，其间通常需要经历5个阶段。① 研究和开发阶段。这是技术创新的起点，科研人员通过实验和理论等方式，完成基础研究和原型设计。② 技术验证阶段。通过更全面的验证和测试，完成技术的可行性研究，具体可能包括实验室测试、模拟试验、小规模实地测试或原型验证等。③ 技术转化和转让阶段。在这个阶段，技术开始转向商业化，技术创新者或技术所有者将技术转让给其他利益相关方，如企业和投资机构等。④ 产品的开发和制造阶段。一旦完成技术转让，接收方就开始进行产品的优化和生产，并向市场推广。⑤ 市场推广和销售阶段。目的在于不断提升市场份额，收获商业利润。这些不同阶段的实际参与方或主要参与方是不同的，中间需要的支持条件也不尽相同。

从应用技术系统的主体看，主要包括了政府、企业、高校和科研院所、投资机构和科技中介等，他们在系统的作用各不相同。① 政府一般不直接参与技术创新，主要扮演引导者和推动者的角色。通过制定科技政策、法规和提供财政支持等方式，鼓励企业、高校和科研院所等机构进行技术研发，以及促进科技成果的转化和应用。由于转化基础研究成果的风险较大，政府可以在初期提供支持，分担部分风险，以此提升市场参与的积极性。② 企业是重要的科技创新主体和实践者。通过对应用技术成果的挖掘，企业可以直接将成果推向市场，实现商业价值，或者在此基础上做进一步加工，开发新产品、改进现有产品、改善生产过程等。③ 高校和科研院所通常拥有较高水平的科研团队和实验设备，可以专注于前沿科技领域的研究和技术开发。同时，他们还承担着人才培养工作，为应用技术的研究和开发提供重要的人才基础。④ 风险和投资机构为应用技术的转化提供资金支持。尤其对于高科技企业而言，在创业初期和早期成长期，既具备较高的技术风险，也具备较高的市场风险，需要充裕的资金支持。但政府财政和银行贷款相对保守，这就需要风险资金的支持。⑤ 科技中介机构是连接政府、企业、高校和科研院所、投资机构的重要桥梁。通过提供科技咨询、技术转移、知识产权保护等服务，对接各类科技资源，促进科技成果的转移转化，加速科技成果的实际应用。

企业在应用技术转化中具有重要作用。历史地看，应用技术的转化往往是资本或者商业驱动的，是资本密集型的。技术的转化和应用往往由企业来承担并实现，而且大多是由国家支持的企业来承担，如苏联和中国的国有企业，以及日本和韩国的企业财团等。发达国家的许多工业实验室的直接目标也是应用技术的转化[1]。另外，随着科技进步速度的加快，技术系统的复杂性迅速增加，对于企业发展而言，也逐渐形成新的趋势，并增进了全球化。一方面，越来越多的企业开始强调发挥自己的比较优势，将自身的科研力量集中于生产过程中的某些环节，而将其他环节留给他人。另一方面，企业在技术研发中的分工也越来越细化，企业之间逐渐产生密切的技术联系和互相依赖，进而形成超越国界的研发网络[2]。在此过程中，技术开始扩散，创新也

形成扩散。

2 完善的应用技术系统有利于提升国家科技实力

对人类社会发展而言，完善的应用技术系统通过将科研成果转化为实际应用和产品，有助于解决社会和经济发展中的诸多问题，也有助于提高社会生产力，推动社会进步。对于国家而言，经由完善的应用技术系统，可以促进不同行业和领域的技术、产品及产业创新，优化产业结构，推动产业升级和转型，增强国家创新能力和科技竞争力。从历史看，不少国家都是因为重视应用技术系统的发展而实现了科技地位的跃升，其中较为典型的案例之一是美国。相较于英国等欧洲国家，尽管美国建国较晚，科技起步也较晚，但仍实现了“后来者居上”，其中美国对于应用技术系统的重视是重要因素之一。

英国具有悠久的科学传统，在世界科技史中作出了举世瞩目的贡献。16世纪以来，很多伟大的科学家都出自英国，如牛顿、达尔文、法拉第等。第一次工业革命发源于英国，英国率先实现了从农业国向工业强国的转变。当时的英国，技术研发始终面向实际产业应用，科技与生产紧密结合。然而，英国并没有很好地抓住第二次工业革命的机会。尽管电机、变压器、二极管等关键性的技术发明源于英国，但其大规模产业应用是在德国和美国。造成这一结果的原因与英国后来“重科学、轻技术”的思想，以及科技成果转化应用减少等不无关联。

反观美国，18世纪末才建国，但19世纪上半叶就已经在一些工业领域超过英国，如仪器设备等。在一战前，美国在大规模的生产工业方面已经居于世界领先地位，并且在电气工业领域建立了第一批经典的工业研究实验室，开展前沿科学研究。在二战以前，美国形成了以大学和工业研究实验室为主体的科技创新体系，政府的支持主要集中在国家和社会需求的应用领域[3]。这里要指出的是，美国并非一直在依靠欧洲的原始创新而进行应用发展，而是在过程中逐渐建立起从原始创新到应用转化的全过程体系，能够很好地实现基础研究和应用技术的有效互动。美国对应用技术及其系统建设的重视主要体现在5个方面。

（1）*充裕的资金支持*。应用技术的发展，尤其是技术创新的转移转化和商业化都需要大量的资金支持。作为后起的资本主义国家，美国很快成为仅次于英国的世界工业强国，在应用技术上投入了大量资金。*政府方面*，美国的科研经费投入长期在全球范围内居于领先位置，美国国家科学基金会（NSF）、美国国防部高级研究计划局（DARPA）和美国国立卫生研究院（NIH）等机构常年设置大量科研经费。*企业方面*，美国拥有众多世界知名的大型科技企业，如苹果、谷歌、微软、亚马逊等公司，他们十分注重科技研发，每年都在科技创新成果的应用转化方面投入巨额资金。其所采取的方式也十分多元：一些企业自建各类实验室，直接投入资金支持；一些企业直接购买个人、高校或科研机构的技术；也有一些企业通过资助高校或科研院所去研究开发所需的技术等。*风险投资方面*，美国的风险投资市场发达，如美国研究开发公司（ARD）于1946年成立，是世界上第一家风险投资公司。之后以硅谷为代表的科技创新中心更是全球风险投资活动最为活跃的地区之一。另外，美国的资本市场体系庞大、功能完备、层次多样，既有统一、集中的全国性市场，又有区域性、小型的地方交易市场，使得不同规模、不同需求的企业都可以有效利用资本市场进行股权融资，获得发展机会。相比之下，英国的政府、企业和风投机构在应用技术方面所投入的资金相对较少，在一定程度上限制了英国在应用技术方面的发展。

（2）*鼓励和支持创新创业*。美国有着强烈的创新创业文化，社会创业环境和创业氛围较好，支持创业的各类机构也较多，创业者和企业家相对更容易获得

资金、技术和咨询服务的支持。同时，美国很早就在学术界与产业界之间建立了紧密的合作关系，很多大型科技公司与大学研究机构之间存在广泛的合作网络和技术转让机制，有助于将基础研究成果转化为实际应用，促进了技术的转化和商业化。通过技术的创新创业而实现个人财富自由的案例在美国不胜枚举，社会上也形成鼓励技术开发的氛围。相比之下，英国的创新创业文化较为保守，产学研的合作机制总体不如美国顺畅。

（3）持续拓展海外市场。技术的研发需要在应用的需求推动下才能有更大发展。美国的庞大经济规模和市场容量都为应用技术提供了广阔的市场空间，有利于应用技术的创新、新技术产品的生产和推广。以美国硅谷、波士顿和西雅图等地为代表的科技创新核心区聚集了大量的创新企业，他们的科技产品并非只在美国销售，而是以全球为市场，在不断的技术输出过程中积累各类资本。反过来，市场规模的扩大又可以进一步推动企业进行更多的研发和创新，从而形成资本与技术的良性循环。目前，在全球范围内，美国的信息技术、生物医药、人工智能等领域遥遥领先，美国在应用技术方面的总体竞争力依然强大。相较而言，英国的技术产品市场则要小得多，应用技术的推广相对有限。

（4）积极布局国家实验室体系。自1915年托马斯·爱迪生提出国家实验室的雏形，到1923年美国成立第一个国家实验室——美国海军研究实验室（NRL），美国的国家实验室体系已有100年的历史，形成了十分多元、庞大又复杂的科学研究和技术研发体系。其中，联邦政府资助的研究与开发中心性质的实验室是美国国家实验室最重要的组成部分之一，旨在通过联邦政府拨款撬动民间优质资源，助力美国联邦政府顺利开展研究、技术开发、系统采购和政策指导。尽管美国的国家实验室承担了大量基础研究工作，但在推动应用技术发展方面依然作出了突出贡献。而且从研发投入趋势看，2013—2018年，美国国家实验室的基础研究投入金额明显低于2008—2012年的投入量，尽管2019年以后有所回升，但依然没有达到2008年的数额，应用研究和开发的投入则一直在提升（图1）①。这也说明，美国对于应用技术的重视度越来越高。美国国家实验室的不同运营管理主体及其投入的倾向性，也体现出美国应用技术系统的灵活性和多元化。综合来看，美国国家实验室的运营管理主体主要分为高校运营管理、非营利组织运营管理和企业运营管理3类。其中，企业运营管理的国家实验室对基础研究投入最少，应用研究投入最多；非营利组织管理的国家实验室最为注重对试验开发的投入；高校管理的国家实验室较为注重对基础研究和试验开发的投入（图2）。

（5）大力吸引国际人才。美国本来就是一个移民国家，过去很长一段时间内都对移民抱持积极态度。一战、二战时期，美国吸引了大量的欧洲科学家，包括爱因斯坦等，有力推动美国成为科技大国和强国。在冷战时期，美国也是利用吸引全球人才的策略，包括从苏联和东欧国家移民到美国的人才来跟苏联竞争[4]。如今，无论在美国的旧金山湾区还是纽约湾区，都有大量来自其他国家的人在这里工作、生活，很多人也逐渐通过满足美国移民政策的相应条件而加入美国籍。美国的硅谷是全球科技创新的摇篮，这里汇聚了来自全球各地的高科技人才和创业人才，在硅谷的独角兽企业人员名单中，也随处可见外籍人士移民后成为美国籍的专业人才。

① 美国国家科学与工程统计中心. FFRDC Research and Development Expenditures: Fiscal Year 2021. (2022-07-28). https://ncses.nsf.gov/pubs/nsf22332.

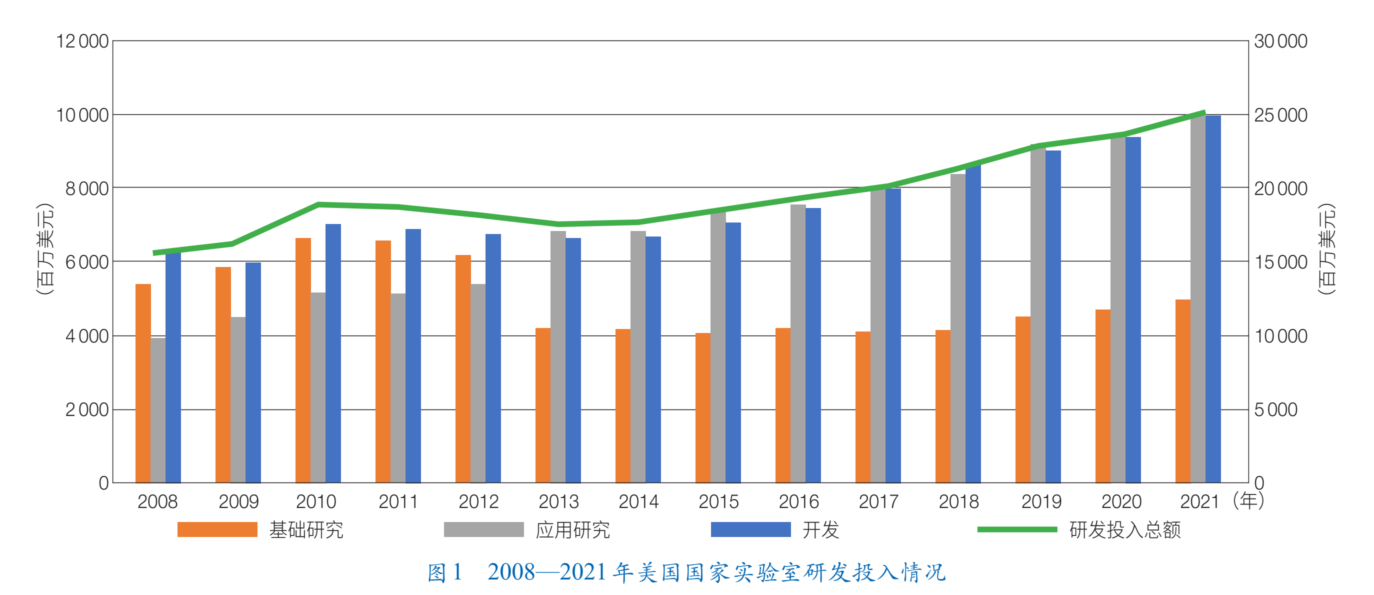


图 1　2008—2021 年美国国家实验室研发投入情况

Figure 1　R&D investment of national laboratory in the US from 2008 to 2021

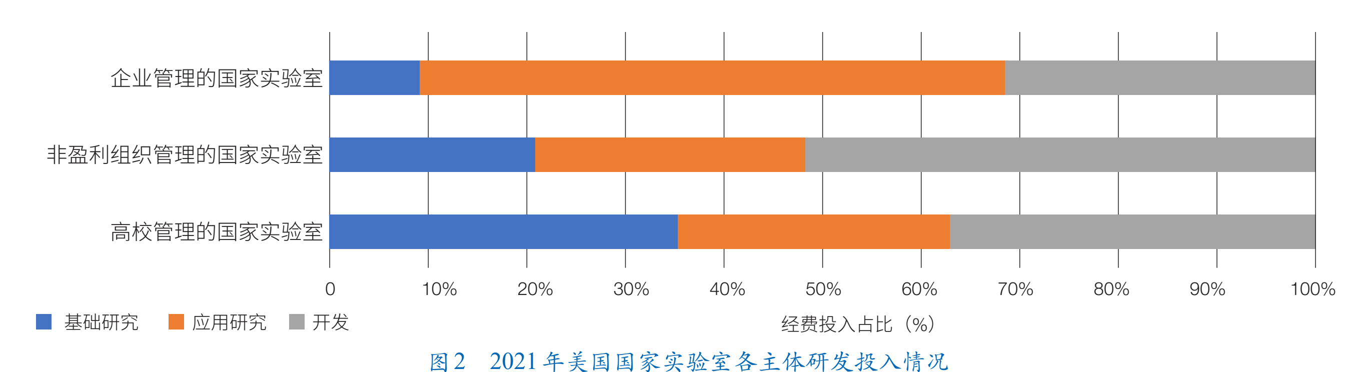


图 2　2021 年美国国家实验室各主体研发投入情况

Figure 2　R&D investment of national laboratory in the US in 2021

3 我国应用技术系统的发展现状及不足

3.1 我国应用技术系统的发展现状

新中国成立以来，为推动应用技术的发展，我国在技术路线的选择上也经历了多次变革。20世纪50年代，为迅速弥补短缺技术，我国大量引进苏联技术，初步形成工业化所需的技术体系；20世纪60年代，由于中苏关系的恶化，转为以自我探索为基础，并广泛吸收来自欧洲的技术；改革开放之后，工业技术路线转向引进为主，以适应大规模吸引外资的要求[5]。2006年，我国颁布了《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）》，提出自主创新战略和建设创新型国家目标。

在70多年的时间里，我国采取了一系列的政策和措施以促进应用技术的发展。例如：实施创新驱动发展战略，将科技创新和应用技术作为推动经济增长和社会转型升级的重要引擎；通过提供税收优惠政策、建设高新园区和孵化器、建立技术转移中心和科技服务机构、鼓励产学研合作等方式，促进科技成果的转化和应用；通过出台系列支持计划，包括国家科技重大专项、“863”计划、“973”计划、“火炬计划”等，鼓励高校、科研院所和企业进行应用技术研发。实践证明，这种应用导向对于推动我国科技创新发展起到了很好的促进作用。世界知识产权组织（WIPO）发布的《2022年全球创新指数报告》显示，我国在榜单排在第11位，是排名前30中唯一的中等收入经济体。

从应用技术系统的主体角度看，我国已初步形成一定的劳动分工。政府层面，从中央到地方都设立了各类科技政策和法规，并为各项应用技术的研发提供财政支持。企业层面，诞生了大量从事应用技术研发，以及将应用技术推向市场的知名企业。这些企业中，既有国企也有私企，既有大规模的企业也有中小型企业，他们都为我国技术领域的不断提升和发展作出了突出贡献。高校和科研院所层面，通过广泛的基础研究和应用基础研究，为大量应用技术的转移转化提供了可能性基础，同时，也培养了以科学、技术、工程和数学（STEM）专业为核心的各个领域的应用技术人才。风险和投资机构层面，虽然当前我国的风险和投资机构在总体规模和质量上还不及美国等为代表的西方国家，但近年来，以政府引导基金和各类母基金为代表的投资方式支持了很多专门从事应用技术的企业。科技中介及服务层面，各级生产力促进中心和工程技术中心、各地的孵化器和创新创业基地也为促进应用技术的转移转化和商业化提供了大量支持。

3.2 我国应用技术系统当前存在的不足

（1）传统体制机制的束缚依然存在，计划与市场并存的矛盾还没有彻底解决。以工业技术研究院（以下简称“工研院”）为例，这是我国地方政府为促进应用技术发展而设立的典型机构。初期，工研院在促进技术成果转化和培育新兴产业方面发挥了积极作用，之后却暴露出各种问题。原因在于在面向市场发展的过程中，并没有解决原有的体制机制矛盾，不能真正做到按经济规律办事。地方工研院大多实行“一院两制”，一部分工研院注册为事业单位，一部分注册为民办非企业。前者随着事业单位的改革而逐渐缩小了体制的优惠空间，在人员、财务管理等方面缺乏灵活性，而且在开展商业活动和进行收益分配时，可能面临国有资产处置等问题，造成过于保守的行为；后者则缺乏配套的政策支持，研发活动的公益性难以长期维持[6]。另外，由于市场力量的不足，大量科研资源的所有权和配置权都掌握在政府手里，甚至成为官员谋求短期升迁的手段，严重干扰了科研资源按创新发展需求而进行合理配置。

（2）研究和应用“两张皮”，科技成果转化不力，科技中介服务滞后。在很长一段时间内，我国的经济和科技处于“各自为政”的状态，尽管高校和科研院所众多，所产生的科研成果也非常丰富，但长期以来并没有真正解决科研成果转化不力的问题，理论研究和市场、企业需求脱节的现象广泛存在。具体体现在：一方面，生产中急需解决的技术问题不能很快反映到科研中；另一方面，很多科技成果也不能快速应用到生产中。当前我国科技成果转化率在30%左右，而发达国家则是60%—70%[7]。造成这一现象的原因有多方面，其中科研机构和企业之间缺乏有效的合作机制是重要原因，而这与我国科技中介服务的体系还不完善、功能尚不健全密切相关。尽管科技中介及其服务在我国也有了几十年的发展，但总体看，相关服务依然滞后于企业和市场需求，一般科技中介所提供的服务主要集中在技术水平相对低端的业务领域，如专利申请、商标注册、登记等，稍微专业一些的战略规划、专业技术鉴定与评估等服务不足，而金融业务和金融服务则更少。

（3）核心技术的对外依赖较强，标准制定权掌握在别人手中。在很长一段时间内，中国作为“世界工厂”，承接了大量来自西方发达国家的技术产业，对经济社会发展起到很大带动作用。英国国家科技艺术基金会曾指出，中国能够迅速消化全球最好的想法和技术，迅速进行试验并改善自己的研究、质量和产品[6]。随着我国的经济和技术进步，大量自主产品和品牌开始走进市场，但也要看到，很多关键零部件和高端设备并不能自己生产，需要从国外进口，这表明很多真正的产业、行业核心技术依然掌握在别人手中。核心技术不能自主的背后是标准制定权的丧失。一般而言，核心技术的发展会推动技术标准的制定，

而技术标准的制定又影响到核心技术的应用。核心技术往往通过创新而来，新的技术需要制定一定的技术标准，并以此定义产品或服务的规范和要求，从而进一步影响到该技术的市场准入。

（4）区域劳动分工不足。从技术的本质而言，技术是不同元素的组合。例如喷气机引擎里面的零部件就包括了压缩机、涡轮增压机、点火系统等，这些元素本身也是技术[8]。从现代劳动分工的角度，这些技术或元素很可能来自多个地区，从事技术研究和开发的设计师和工程师也可能来自不同的区域，产业链供应链的布局更是可能分散在不同地区，如此就涉及区域劳动分工的问题。但在现实中，我国各级政府、企业和研究机构，为了维护自己的"阵地"，常常通过设置各种障碍而阻碍技术及其相关要素的自由流动。然而，这不仅不能促成应用技术的"自给自足"，反而难以集中人力、资金和技术等资源攻克高精尖技术，容易造成中低端技术研发的不断重复，造成大量资源浪费。

（5）人才问题。① 在人才培养方面，我国现阶段的教育体系还不能培养出大规模的高素质技术工人，职业教育的总体课程设置和培养方案还不能很好地满足社会需求，由此造成应用技术人才的不足。② 在人才评价方面，应用技术所需的人才更加注重实践技能，更强调把学术成果应用于实际，而非纸上谈兵。现在的人才评价体系往往更侧重学术成果及论文发表、各种"帽子"，较少关注长期在一线从事具体工程操作，并真正推动了技术发展的基层优秀人员。另外，近年我国各地纷纷出台各类人才政策，结果往往沦为"抢人大战"，并没有贡献太多的人才增量。要想实现人才增量，可以将目光转向国际。目前在我国工作、生活的国际人才数量总体较低，远没有达到世界平均水平，其中从事应用技术相关研究和产业发展的国际人才占比更低。从国际人才引进的政策体系看，主要存在的问题包括：专业技术人才引进政策体系缺乏具体实施细则；在华留学生管理工作缺乏完善机制；专业技术人才引进政策的落实不能与国际接轨；国外专业技术人才信息采集缺乏数字化治理手段等[9]。

4 我国改进应用技术系统的对策建议

由于应用技术系统涉及的主体和领域众多，要想更好地建设和发展应用技术系统，既需要从宏观角度进行总体设计和规划，也需要对具体领域进行优化，具体提出5点建议。

（1）不断完善制度体系，逐渐突破传统体制机制的束缚。① 制度体系要与技术发展之间形成协同关系。技术创新不只是研发过程，围绕技术生产、配置等环节也需要配套的制度安排，两者共同构成复杂的技术创新体系。技术研发和供给机制、市场准入和竞争机制、价值实现机制等都是决定技术创新体系能力的重要制度安排，也是衡量技术创新竞争水平的关键因素[6]。各类研究显示，制度可以为创新提供公平的竞争环境、透明的规则及开放的市场。一般而言，制度环境较好的国家和地区，制度成本相对较低，创新能力也相对较强，反之亦然[10]。同时，新的技术也在影响原有的制度及其运行。例如，互联网金融引发对商业银行改革的思考，可再生能源的发展正在倒逼电力体制改革，电商、医疗、交通等领域的新兴商业模式突破了原有的监管制度[6]。未来应进一步改革科技制度体系，以面向现实、面向需求、面向技术为出发点，不断改善制度环境，逐渐降低制度成本。② 制度体系要与市场形成良好互动。不断健全资本市场，充分发挥资本力量。资本市场对于推动应用技术系统发展起到重要作用，尤其是对企业的支持将促进整个系统的良性发展。例如：通过股权融资、债券融资等方式为科技型企业提供更加灵活和多样的融资渠道，帮助企业获得资金支持；为企业提供上市渠道，提高企业的知名度和品牌价值；为企业的并购重组提供融资

支持和专业化服务等。改革开放以来，我国资本市场取得快速发展，并逐渐丰富了股票、债券、风险投资等方式，让投资者获得资本回报，但在数量、质量、规模和融资体系方面，仍有较大的进步空间，未来可探索进一步拓宽投融资渠道。

（2）增强科技中介服务，持续推动应用技术转移转化。在对接基础研究、应用技术和产品市场的过程中，科技中介服务可以发挥重大作用。科技中介服务具有多种类型，包括技术咨询或经纪机构、高校和科研机构的技术转移办公室、孵化器、工程技术中心和技术评估组织等。不同机构所发挥的作用也各不相同，但本质上可以理解为一种科技服务业，目的在于更好地服务科技成果的转移转化，不断挖掘基础科研的应用潜力，更高效地将基础科研转变为应用技术。未来应围绕科技中介服务重点发力，坚持分类、公平和市场原则，重点从信息平台建设、人才培养和金融支持等方面提升科技中介服务的质量和水平②。

（3）完善标准体系，加强标准化制度建设。标准制定权已经成为国际竞争力的重要手段。2021年中共中央、国务院印发的《国家标准化发展纲要》指出，到2025年，“标准化工作由国内驱动向国内国际相互促进转变”“标准化更加有效推动国家综合竞争力提升”。未来应进一步推动标准化建设工作与应用技术、科技创新的互动发展。对于我国较为领先的技术领域，例如高铁、新能源汽车、5G通信等，要及时出台面向国际市场的标准制度体系，把握领先技术的标准制定权。对于目前国际普遍关注的关键技术领域，如人工智能、量子信息、新材料、生物医药等领域，要广泛开展标准化研究，积极推动参与国际标准的制定，研究探索将标准制定作为科技计划的重要产出，健全将科技成果转化为标准的体制机制，以科技创新提升标准化水平。

（4）推动形成全国统一大市场。应用技术系统是由多主体、多环节构成的复杂系统。我国幅员辽阔，不同区域在应用技术方面都有各自的优势和不足，如何将不同区域之间的优势和潜力挖掘出来，形成合力，打破地方保护主义和恶性竞争，优化资源配置，非常值得思考。在数字和信息时代，可以考虑推动建立以应用技术提升为核心的统一信息平台，将各地的应用技术及其市场信息进行整合，通过信息的交流和共享，达成不同区域和机构之间的交流和合作，共同进行技术开发和攻关。同时，还可以在此基础上加强对市场需求的研究和预测，为技术开发和企业经营提供更准确的信息和决策支持。此外，还需要一定的规范化建设，尤其是要加强市场监管和知识产权保护，维护公平的竞争环境。而最根本的，还是要继续推动制度改革和行政体制改革。

（5）坚持开放与合作，大力吸引国际人才。开放导致多元性和多样性，而多元性和多样性是技术创新的基础，在开放状态下，不同的文明、文化和其他创新要素的流动、碰撞产生的“化学反应”是创新的根源[11]。通过多种形式的国际合作与交流，既是分享也是学习，这个过程有助于知识流动和技术扩散。外国专家对我国发展的贡献已得到经验证据的支撑[12]，未来我国应进一步增强国际引才。一方面，积极吸引归国人才。近年来，随着我国社会经济的不断发展，选择回国工作的海外留学人员日益增多，尤其是全球疫情和中美关系变化，导致海外科技人才的回流，STEM相关专业留学生的回归也越来越多。数据显示，2021年有超过1 400名华人科学家选择回国，人数比2020年增加了22%。回流最多的华人科学家主要分布在数学和物理学、生命科学、工程和计算机科学领域③。

② 姜涵. 科技中介服务发展与粤港澳大湾区国际科技创新中心建设. 广州粤港澳大湾区研究院政策分析报告, 2023.
③ 广州粤港澳大湾区研究院. 中美新冷战后华人科学家回流中国的数据与建议. 全球战略性新兴产业动态, 2022.

另一方面，建议放宽对技术移民的限制，每年留出一定的移民名额吸引外国高科技人才，对于具有突出贡献的国际顶尖人才，可考虑承认双重国籍。在中美科技竞争格局下，欧美人才较难引进，可优先考虑面向新兴经济体、“关键小国”和周边国家吸引人才[④]。

参考文献

1 郑永年. 中国跨越“中等技术陷阱”的策略研究. 中国科学院院刊, 2023, 38(11): 1579-1592.

Zheng Y N. How can China avoid the middle-technology trap?. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2023, 38 (11): 1579-1592. (in Chinese)

2 江小涓. 技术贸易:世界趋势与中国机遇. 北京: 清华大学出版社, 2022.

Jiang X J. Trade in Technology: Global Trends and Opportunities for China. Beijing: Tsinghua University Press, 2022. (in chinese)

3 樊春良. 建立全球领先的科学技术创新体系——美国成为世界科技强国之路. 中国科学院院刊, 2018, 33(5): 509-519.

Fan C L. Construct world leading S & T innovation system—U. S. road to world's scientific and technological power. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2018, 33(5): 509-519. (in Chinese)

4 郑永年. 人才高地建设与中国的科技现代化. 中国科学院院刊, 2022, 37(12): 1671-1674.

Zheng Y N. Construction of talent highland and modernization of science and technology in China. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2022, 37(12): 1671-1674. (in Chinese)

5 黄群慧. 面向制造强国的中国产业政策. 北京: 中国社会科学出版社, 2021.

Huang Q H. Becoming a Manufacturing Powerhouse: Understanding of China's Industrial Policy. Beijing: China Social Sciences Press, 2021. (in Chinese)

6 李哲. 中国的科技创新之路:经验与反思. 北京: 科学出版社, 2020.

Li Z. The Way of Innovation Based on Science and Technology in China: Experience and Reflection. Beijing: Science Press, 2020. (in chinese)

7 冯丽妃. 扫除“拦路虎”,让科技成果转化畅通无阻. 中国科学报, 2022-03-11(04).

Feng L F. Sweep away obstacles and ensure smooth transformation of scientific and technological achievements. China Science Daily, 2022-03-11(04). (in Chinese)

8 布莱恩·阿瑟. 技术的本质:技术是什么,它是如何进化的. 曹东溟, 王健, 译. 杭州: 浙江人民出版社, 2021.

Arthur W B. The Nature of Technology: What It is and How It Evolves. Translated by Cao D M, Wang J. Hangzhou: Zhejiang People's Publishing House, 2021. (in Chinese)

9 高懿. 实施开放多元的引进政策 构建具有国际竞争力的人才体系. 科技日报, 2021-11-22(08).

Gao Y. Implementing an open and diversified introduction policy to build an internationally competitive talent system. Science and Technology Daily, 2021-11-22(08). (in Chinese)

10 李侠. 科技政策透镜下的中国. 北京: 中国社会科学出版社, 2020.

Li X. China Under the Lens of Science and Technology Policy. Beijing: China Social Sciences Publishing House, 2020. (in Chinese)

11 郑永年. 科技进步本质在于开放,中国应有实施单边开放政策的信心. (2021-08-31)[2023-07-25]. https://m.21jingji.com/article/20210831/herald/d06a9d61baab8d0358c500124762fb29.html.

Zheng Y N. The essence of technological progress lies in openness, and China should have confidence in implementing a unilateral opening-up policy. (2021-08-31) [2023-07-25]. https://m.21jingji.com/article/20210831/herald/d06a9d61baab8d0358c500124762fb29.html. (in Chinese)

12 周灵灵. 国际移民和人才的流动分布及竞争态势. 重庆理工大学学报(社会科学), 2019, 33(7): 1-15.

Zhou L L. International migration, distribution of talent flows and competition situation. Journal of Chongqing University of Technology (Social Science), 2019, 33(7): 1-15. (in Chinese)

④ 广州粤港澳大湾区研究院. 美英发达国家全球范围对高科技人才“掐尖”. 全球湾区发展动态, 2022.

How to improve application technology system?

JIANG Han* FANG Weichuang

(The Guangzhou Institute of the Greater Bay Area, Guangzhou 510700, China)

Abstract One of the ways to break through the middle-technology trap is to require enterprises or institutions to transform basic scientific research into applied technology, which cannot be separated from the support of application technology systems. It has proven that a perfect application technology system is conducive to enhancing the country's scientific and technological strength. China's technological innovation has a clear application orientation, nevertheless, there are still some shortcomings in the application technology system. The constraints of traditional institutional mechanisms still exist, the contradiction between planned and market economic measures has not been completely resolved; research and application are relatively independent, result in ineffective transformation of scientific and technological achievements; a strong dependence on foreign core technologies, the authority to set standards is held by others; and insufficient regional labor division; the talent institutional mechanisms still need further improvement, etc. Based on these, the study proposes key areas for improvement in the future.

Keywords middle-technology trap, applied technology, applied technology system, scientific and technological innovation

姜　涵　广州粤港澳大湾区研究院研究员。主要研究领域：科技政策分析、科技创新与产业发展等。E-mail: jianghan@gigba.org.cn

JIANG Han　Research Fellow of the Guangzhou Institute of the Greater Bay Area. Her research focuses on science and technology policy analysis, scientific and technological innovation and industrial development, etc. E-mail: jianghan@gigba.org.cn

方伟创　广州粤港澳大湾区研究院副研究员。主要研究领域：大数据技术与人工智能应用、政策大数据建模与分析、基于数据的科技情报分析等。E-mail: fangweichuang@gigba.org.cn

FANG Weichuang　Associate Research Fellow of the Guangzhou Institute of the Greater Bay Area. His research focuses on big data technology and artificial intelligence applications, policy big data modeling and analysis, scientific and technological intelligence analysis based on data, etc. E-mail: fangweichuang@gigba.org.cn

■责任编辑：张帆

*Corresponding author